

УДК 617.58-77

Б.І. Микитка, студентка гр. ПБ-з92мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ІМПЛАНТІВ ГОМІЛКОВОСТОПНОГО СУГЛОБА

Анотація. У дослідженні були створені математичні моделі трьох типів імплантів гомілковостопного суглоба. Метою було розробити алгоритм програмного забезпечення, яке спрямоване на підбір параметрів імплантів для кожного пацієнта індивідуально. На основі результатів моделювання імплантів різних розмірів та застосування їх для одного і того ж суглоба, визначено їх допустимі межі розміру. Показано переваги та недоліки різних типів імплантів. Проведені розрахунки навантажень із запропонованих матеріалів показали допустимі результати.

Ключові слова: гомілковостопний суглоб, протезування, 3d друк, КТ, МРТ.

ВСТУП

Дегенеративні захворювання опорно-рухового апарату є доволі поширеним явищем не тільки серед людей старшого віку, але, останнім часом, і серед дітей та підлітків. Дегенеративно-дистрофічні та запальні захворювання є найпоширенішими причинами протезування гомілковостопного суглоба [1]. У хірургії використовуються багато програм для діагностики хвороб суглобів за допомогою магнітно-резонансної томографії (МРТ) та комп'ютерної томографії (КТ). Багато лікарень почали переходити від використання медичних зображень, в першу чергу для діагностичних цілей, до їх інтеграції в конкретне планування хірургічного лікування.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У сучасній ортопедії та травматології для планування операцій використовуються такі програми як «mediCAD Classic», «AccuPlan app», «TraumaCad Mobile», «Zimmer Biomet ONE Planner», «Orthoview», «Vesalius3D» та інші [2-4]. Це дає величезні переваги для лікарів і їхніх пацієнтів. Проте більшість цих програм спрямовані на планування операцій з використанням конкретного бренду, що дещо звужує пошук необхідних параметрів імплантів.

В моделі гомілковостопного суглоба з імплантами проведено аналіз деформацій імплантів та кісток контактних поверхонь. Порівнювалися такі поширені для ортопедичної хірургії матеріали: титановий сплав Ti_6Al_4V , титановий сплав 1-го класу нелегований, тантал, сплав титану і танталу, нітинол. В якості проставки між імплантами надвисокомолекулярний поліетилен високої щільності [5, 1]. Ці матеріали при заданих умовах показують однаково відмінні результати. Тиск на дотичну кісткову поверхню однаковий та є в межах норми, а саме до 98066500 паскаль [6].

Існують 3 типи імплантів гомілковостопного суглоба: зі стрижнем тібіального імпланта, імпланти з брускоподібними елементами, плоскі імпланти зі штирями (дивись рис. 1) [1]. Моделювання суглоба, імплантованого компонентом зі стрижнем, показало доцільність використання для пацієнтів зі значними дефектами у внутрішніх областях кісткових тканин, наприклад, остеопорозом, що характеризується високими крихкістю кісток та ризиком їх переломів. Плоскі імпланти зі штирями характеризуються меншою

інвазивністю щодо кісткових тканин в порівнянні із іншими типами, що дає можливість скоротити час реабілітації. Імпланти з брускоподібними елементами можуть мати підвищену довговічність використання при варусних і вальгусних деформаціях стопи, оскільки брускоподібні елементи зазвичай розташовуються в антеріально-постеріальному напрямку.

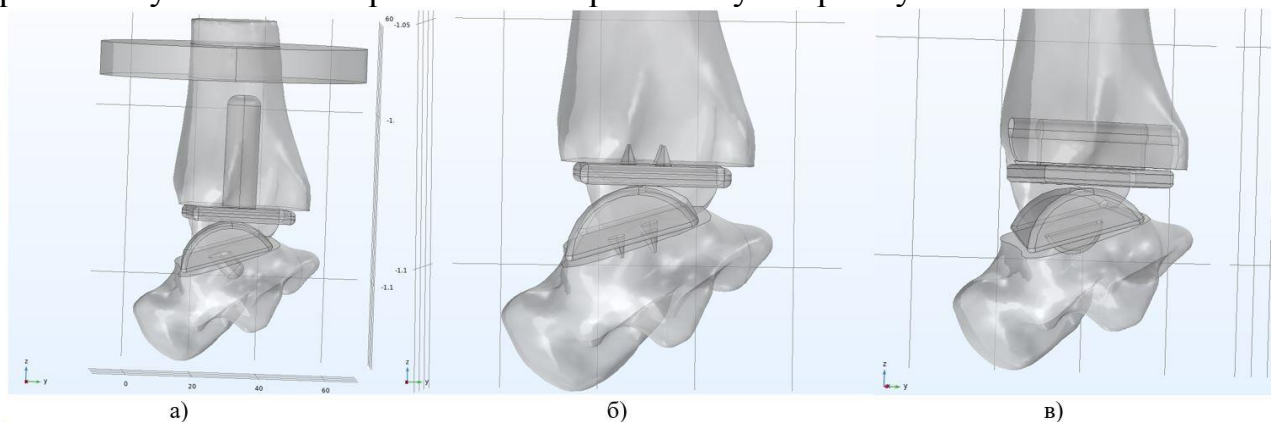


Рисунок 1. Типи імплантів гомілковостопного суглоба, латеральний вид: а) зі стрижнем, б) зі штирями, в) з брускоподібними елементами

Деформація кісток залежить від розміру основи імпланта (контактної поверхні). Також основа імпланту не повинна виходити за межі контакту з кісткою більш, ніж на 2-3мм, для уникнення регулярного пошкодження м'яких тканин. Розрахунок індивідуальних імплантів проводиться окремо для кожного з компонентів.

Для отримання оригінальних параметрів кістки може використовуватися зображення як МРТ, так й КТ. Хірург може використовувати такі популярні програми: «ITK-SNAP», «3D Slicer», «OsiriX», «Mimics», «InVesalius» та інші.

Оптимальна ширина основи тібіального імпланта становить менше довжини між внутрішніми частинами медіальної та латеральної малеол суглоба, а довжина основи – дещо більше антеріально-постеріальної довжини внутрішньої поверхні медіальної малеолі; до 90% контактної поверхні. Для збереження мінімальних деформацій зміна розрахованого розміру імпланта можлива до 5%.

Оптимальна ширина основи імпланта талуса становить довжину середини суглобової поверхні, довжина медіальної та латеральної сторін – дещо менше відповідних країв суглобової поверхні; до 93% контактної поверхні. Для збереження мінімальних деформацій зміна розрахованого розміру імпланта можлива також до 5%.

В даній роботі розроблено алгоритм, що використовує дані, отримані за допомогою математичного моделювання в програмі COMSOL Multiphysics, а саме такі параметри як тиск та деформацію. Таким чином згідно алгоритму необхідно задати такі дані: необхідні параметри кісток, кожен з яких додатково вказаний у програмі; ступінь ожиріння пацієнта; наявність значних дефектів кісткової тканини вглиб кістки; бажаний матеріал для імпланта. Ожиріння 2-3 ступеня виключає можливість вибору імпланту зі штирями. При значних пошкодженнях кістки можна вибрати лише тип імплантів зі стрижнем для уникнення подальшого пошкодження.

3D друк дозволяє безпосередньо виготовляти складні деталі кінцевого використання та полегшує оснащення традиційних технологій виробництва, зменшуючи витрати та час виконання. Це дає можливість створювати складні індивідуальні імпланти, які не тільки покращують результати лікування пацієнтів, а й підвищити економічну доцільність і потенційний рівень доступності.

ВИСНОВКИ

Аналізуючи отримані дані моделей можна підвести підсумок, що найменші деформації спричинятиме тип імпланта зі стрижнем, а найбільші, але не спричиняти потенційних пошкоджень, – імпланти зі штирями. Досліджені допустимі межі розмірів основ імплантів. Визначено переваги та недоліки кожного з типів імплантів. Алгоритм підбору індивідуальних параметрів імплантів розроблений на висновок з досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Total Ankle Replacement. Indications, Implant Designs, and Results [Electronic resource] / Alexej Barg, Matthias D Wimmer, Martin Wiewiorski, Dieter C Wirtz, Geert I Pagenstert, Victor Valderrabano // *Deutsches Ärzteblatt International*. – 2015 March 13. – Режим доступу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4390826/> – 18.11.2020 p.
- [2] Preoperative planning of total hip replacement using the TraumaCad™ system [Electronic resource] / Ely Liviu Steinberg, Nadav Shasha, Aharon Menahem, Shmuel Dekel // *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. – 2010. – Режим доступу: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00402-010-1046-y> – 20.11.2020 p.
- [3] Computer-Assisted Planning and Navigation of Total Hip Arthroplasty Using the Navitrack and mediCAD System [Electronic resource] / J. Babisch, F. Layher, R.A. Venbrocks // *Navigation and Robotics in Total Joint and Spine Surgery*. – 2004. – Режим доступу: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-59290-4_10 – 20.11.2020 p.
- [4] Monitoring Active Volcanos Using Aerial Images and the Orthoview Tool [Electronic resource] / Marsella, M.; Nardinocchi, C.; Proietti, C.; Daga, L.; Coltelli, M. // *Remote Sens.* – 2014. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2072-4292/6/12/12166> – 20.11.2020 p.
- [5] Implantable Materials Update [Electronic resource] / Katherine E Dux // *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*. – 27 July 2019. – Режим доступу: <https://europepmc.org/article/med/31466565> – 23.11.2020 p.
- [6] Анатомія опорно-рухового апарату [Електронний ресурс] : лекція на тему «Загальна характеристика опорно-рухового апарату. Будова скелетної системи» / уклад. викл. Купріненко О.В. — Л. : ЛДУФК, 2015. — 5 с. Режим доступу: http://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/6887/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86_%D1%8F1.pdf

Наук. керівник –доц. Безугла Н.В.